

Senatsverwaltung für Bildung, Jugend und Familie

Zentralabitur 2016

Physik
Grundkurs

Aufgaben
Erwartungshorizonte

Zentrale schriftliche Abiturprüfung 2016

Physik

Grundkurs

Aufgabenstellung A für Prüflinge

Inhalt:	**Elektrische Felder**
Titel:	**Kondensatoren retten Leben**
Aufgabenart:	Aufgabe mit Materialien
Hilfsmittel:	Nachschlagewerk zur Rechtschreibung der deutschen Sprache, an der Schule eingeführter und im Unterricht eingesetzter Taschenrechner, an der Schule eingeführtes Tafelwerk bzw. Formelsammlung
Gesamtbearbeitungszeit:	210 Minuten inklusive Lese- und Auswahlzeit
Hinweis:	Es müssen zwei Aufgabenstellungen bearbeitet werden.

Kondensatoren retten Leben

Auf Flughäfen, Bahnhöfen und an vielen anderen öffentlichen Orten findet man Defibrillatoren, kurz auch Defis genannt. Mit einem solchen Defibrillator kann man ohne medizinische Ausbildung im Fall eines drohenden Herztodes Erste Hilfe leisten. Die Hauptursache für den plötzlichen Herztod ist ein Herzkammerflimmern, das zum Herzstillstand führt. Defibrillatoren erzeugen einen Elektroschock, um das Herz wieder in seinen normalen Rhythmus zu versetzen.

In den folgenden Aufgaben wird untersucht, wie mit Hilfe von Kondensatoren die notwendige Energie für die Elektroschocks zur Verfügung gestellt werden kann und warum auch medizinische Laien Defibrillatoren einsetzen können.



Abbildung 1: Hinweisschild im Sport Club Siemensstadt

Aufgaben: **BE**

1	Bestimmen Sie die maximale elektrische Ladung und die maximale elektrische Energie, die in dem Kondensator des Defibrillators gespeichert werden können.	**10**
2	Berechnen Sie die Halbwertszeit für das Entladen des Kondensators während eines Elektroschocks. Vergleichen Sie diese Halbwertszeit mit der üblichen Dauer eines Stromstoßes beim Einsatz des Defibrillators.	**7**
3	Erläutern Sie den Einfluss, den die Ladespannung des Kondensators und die Dauer des Stromstoßes auf die Energie des Elektroschocks haben. Berechnen Sie die Spannung, mit der der Kondensator in dem Defibrillator geladen werden muss, damit in dem Kondensator eine Energie von E = 300 J gespeichert wird.	**13**
4	Untersuchen Sie für den im Material 2 dargestellten Stromstoß der Dauer t = 6 ms, ob die von dem Kondensator an das Herz abgegebene elektrische Energie noch zulässig ist.	**8**
5	Viele Menschen haben Vorbehalte und Ängste und zögern bei der Ersten Hilfe einen Defibrillator einzusetzen, auch wenn sich dieser in unmittelbarer Nähe befindet. Begründen Sie, warum es sowohl notwendig als auch für Laien möglich ist, im Fall eines vermuteten Herzkammerflimmerns unverzüglich einen Defibrillator einzusetzen. Erklären Sie zwei Verhaltensregeln, die beim Defibrillieren zu beachten sind.	**12**

Materialien

Material 1: Grundprinzip und typische Daten

In einem Defibrillator befindet sich ein Kondensator, der mit einer sehr hohen Spannung aufgeladen wird. Es werden zwei Elektroden auf den Brustkorb des Patienten geklebt. Nach einem Knopfdruck entlädt sich der Kondensator und gibt dabei seine gespeicherte elektrische Energie als Elektroschock an den Patienten ab. Durch das Herz fließt für sehr kurze Zeit ein starker elektrischer Strom. Dieser Stromstoß ist erfolgreich, wenn das Herzkammerflimmern beendet wird und das Herz wieder beginnt regelmäßig zu schlagen.

Kapazität des Kondensators	50 µF
maximale Spannung des Kondensators	4000 V
maximal zulässige Energie des Elektroschocks für einen erwachsenen Patienten	360 J
übliche Dauer eines Stromstoßes	ca. 10 ms
Widerstand zwischen den Elektroden bei einem erwachsenen Patienten	ca. 100 Ω

Material 2: Zeitlicher Verlauf der Spannung beim Einsatz eines Defibrillators

Beim Einsatz eines Defibrillators wird der Kondensator nicht vollständig entladen. Das Diagramm in Abbildung 2 zeigt den zeitlichen Verlauf der Spannung bei einem möglichen Stromstoß.



Abbildung 2: Zeitlicher Verlauf der Spannung bei einem Stromstoß der Dauer 6 ms

Material 3: Wichtige Gleichungen

Halbwertszeit T_{halb} für das Entladen eines Kondensators	$T_{halb} = R \cdot C \cdot \ln 2$	R ... Widerstand C ... Kapazität
elektrische Energie E_{el}, die in einem Kondensator gespeichert wurde	$E_{el} = \frac{1}{2} C \cdot U^2$	

Material 4: Einsatz von Defibrillatoren für die erste Hilfe durch Laien

Bei einem plötzlichen Herzkammerflimmern wird das Gehirn des Patienten bereits nach 5 Minuten dauerhaft geschädigt, nach 10 Minuten sind ca. 95 % der Patienten tot. Die Zeit zwischen einem Notruf und dem Eintreffen eines Notarztes liegt in Berlin bei ca. 8 Minuten.

Die einzigen Möglichkeiten der ersten Hilfe sind die Herz-Druck-Massage und der Einsatz eines Defibrillators. Durch die Herz-Druck-Massage kann jedoch das Herzkammerflimmern nicht beendet werden. Für die erste Hilfe durch einen medizinisch nicht ausgebildeten Laien gibt es spezielle automatische Defibrillatoren. Nach dem Einschalten geben diese Geräte mit Sprachbefehlen die notwendigen Anweisungen zum Einsatz. Der Ersthelfer muss die Elektroden auf den Brustkorb kleben und durch einen Knopfdruck die Automatik starten. Der Defibrillator macht selbstständig ein EKG und untersucht, ob tatsächlich ein Kammerflimmern vorliegt. Erst dann wird der Elektroschock automatisch ausgelöst.

Bei der Defibrillation sind einige Verhaltensregeln zu berücksichtigen:

- Bei Nässe den Patienten möglichst auf eine trockene Unterlage legen,
- vor der Befestigung der Elektroden eventuelle Pflaster oder starke Brustbehaarung entfernen,
- während des EKG den Patienten nicht berühren und
- bei Schockabgabe den Patienten nicht berühren.

Quellen:

1 Foto: Aufgabenentwickler

2 Schönegg, Martin: Impedanzunabhängige Defibrillation mit physiologischer Impulsform. Karlsruhe 2008, Fundstelle: http://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:swb:90-114879 (gesichtet am 5.10.2014)

3 Gerd Fröhlig, Jörg Carlsson, Jens Jung, Walter Koglek, Bernd Lemke, Andreas Markewitz, Jörg Neuzner: Herzschrittmacher- und Defibrillator-Therapie, Indikation - Programmierung - Nachsorge. Stuttgart 2013

4 Hugo Karel Van Aken, Konrad Reinhart, Tobias Welte, Markus Weigand: Intensivmedizin. Stuttgart 2014

5 Helmar Weiß: Automatisierte Defibrillatoren für Ersthelfer und Laien? https://www.thieme.de/viamedici/aktuelles-medizin-und-wissenschaft-1650/a/defibrillatoren-fuer-laien-5289.htm (gesichtet am 26.11.2015)

6 Automatisierte Defibrillation im Rahmen der betrieblichen Ersten Hilfe, Fundstelle: publikationen.dguv.de/dguv/pdf/10002/i-5163.pdf (gesichtet am 26.11.2014)

Zentrale schriftliche Abiturprüfung 2016

Physik

Grundkurs

Erwartungshorizont A für Lehrkräfte

Bitte kontrollieren Sie vor Beginn der Arbeit die Vollständigkeit der Aufgabensätze für die Prüflinge.

Aufgabenart: Aufgabe mit Materialien

Hilfsmittel: Nachschlagewerk zur Rechtschreibung der deutschen Sprache, an der Schule eingeführter und im Unterricht eingesetzter Taschenrechner, an der Schule eingeführtes Tafelwerk bzw. Formelsammlung

Titel: Kondensatoren retten Leben

Die Beschreibungen der erwarteten Schülerleistungen enthalten keine vollständigen Lösungen, sondern nur kurze Angaben. Hier nicht genannte, aber gleichwertige Lösungswege sind gleichberechtigt.

Teilaufgaben	Beschreibung der erwarteten Leistung	AFB		
		I	II	III
1	*Kompetenzen: Umformen von Gleichungen und Berechnen von Größen aus Formeln (Fachmethoden)* $Q = C \cdot U = 50\,\mu\text{F} \cdot 4000\,\text{V} = 0{,}2\,\text{C}$ $E_{el} = \frac{1}{2} C \cdot U^2 = \frac{1}{2} \cdot 50\,\mu\text{F} \cdot (4000\,\text{V})^2 = 400\,\text{J}$	**10**		
2	*Kompetenzen: Berechnen von Größen aus Formeln (Fachmethoden), Kommunizieren einfacher Argumente und Beschreibungen* Berechnung der Halbwertszeit $T_{halb} = R \cdot C \cdot \ln 2 = 100\,\Omega \cdot 50\,\mu\text{F} \cdot \ln 2 \approx 3{,}5\,\text{ms}$ Nach 10 ms hat sich die Ladung des Kondensators schon fast dreimal halbiert.	**7**		
3	*Kompetenzen: Einordnen und Erklären von physikalischen Phänomenen aus Natur und Technik (Reflexion), präzises Kommunizieren einfacher Argumente und Beschreibungen (Kommunikation), mathematisches Beschreiben physikalischer Phänomene (Fachmethoden)* Je höher die Ladespannung, desto größer ist die im Kondensator gespeicherte Energie. Es gilt $E_{el} \sim U^2$. Eine Verdoppelung der Spannung führt zu einer Vervierfachung der gespeicherten Energie. Dadurch kann auch die Energie des Elektroschocks erhöht werden. Je länger die Entladung dauert, desto mehr Energie wird abgegeben.		**7**	

Teilaufgaben	Beschreibung der erwarteten Leistung	AFB I	AFB II	AFB III
	Aus $E = \frac{1}{2} C U^2$ folgt $U = \sqrt{\frac{2E}{C}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 300\ \text{J}}{50\ \mu\text{F}}} \approx 3500\ \text{V}$. Der Kondensator muss mit einer Spannung von rund 3500 V geladen werden.		6	
4	*Kompetenzen: mathematisches Beschreiben physikalischer Phänomene (Fachmethoden), problembezogenes Nutzen von Wissen in inner– und außerphysikalischen Wissensbereichen (Fachkenntnisse)* Für die Energie E_{Puls} des Pulses gilt: $E_{Puls} = E(4000\ \text{V}) - E(1200\ \text{V})$ $E_{Puls} = \frac{1}{2} \cdot 50\ \mu\text{F} \cdot (4000\ \text{V})^2 - \frac{1}{2} \cdot 50\ \mu\text{F} \cdot (1200\ \text{V})^2$ $E_{Puls} = 400\ \text{J} - 36\ \text{J}$ $E_{Puls} = 364\ \text{J}$ Die zulässige Energie wird sehr knapp überschritten, u.U. ist diese Abweichung gerade noch akzeptabel. Aufgrund der Gefahrenlage kann diese Energie jedoch auch als zu hoch beurteilt werden. Bei der Ablesung von U am Ende des Pulses können Abweichungen auftreten. Alternativ kann festgestellt werden, dass im Rahmen der Messgenauigkeit der Wert nicht überschritten wird.			8
5	*Kompetenzen: Einordnen von Sachverhalten in gesellschaftliche Bezüge (Reflexion)* Insgesamt werden zwei Argumente erwartet. Argumente für die Notwendigkeit der Ersten Hilfe durch Defibrillation sind u.a.: • Im Falle eines Wartens bis zum Eintreffen des Notarztes ist der Patient mit hoher Wahrscheinlichkeit tot. • Die Wiederbelebung kann noch vor dem Eintreffen des Notarztes erfolgen. Dieser Zeitgewinn kann die Überlebenschancen erheblich erhöhen und die Spätfolgen des Herzkammerflimmerns können erheblich verringert werden. Möglich ist die Verwendung des Defibrillators durch Laien u.a. weil: • Die Bedienung durch die Sprachbefehle sehr einfach ist. • Der Elektroschock nur ausgelöst wird, wenn ein Herzkammerflimmern diagnostiziert wurde. • Der Ersthelfer kann sich durch einfache Maßnahmen selbst schützen.		6	
	Begründung von zwei Regeln z. B. mit den Gefahren des elektrischen Stromes oder der Möglichkeit von Fehlmessungen beim EKG durch Berührung des Patienten.		6	
	Summe der BE in den Anforderungsbereichen	17	25	8
	prozentuale Zusammensetzung	34	50	16
	Summe der BE		50	

Zentrale schriftliche Abiturprüfung **2016**

Physik

Grundkurs

Aufgabenstellung B **für Prüflinge**

Inhalt:	**Elektromagnetischer Schwingkreis und Induktivität einer Spule**
Titel:	**Ortungsgerät**
Aufgabenart:	Aufgabe mit Schülerexperiment und Materialien
Hilfsmittel:	Nachschlagewerk zur Rechtschreibung der deutschen Sprache, an der Schule eingeführter und im Unterricht eingesetzter Taschenrechner, an der Schule eingeführtes Tafelwerk bzw. Formelsammlung
Gesamtbearbeitungszeit:	210 Minuten inklusive Lese- und Auswahlzeit
Experimentiermaterial:	Pro Arbeitsplatz:
	Wechselspannungsgerät (50 Hz)
	eine Spule (z.B. mit 1000 Windungen)
	ein Spannungsmessgerät
	ein Stromstärkemessgerät
	Verbindungskabel in ausreichender Anzahl
Hinweis:	Es müssen zwei Aufgabenstellungen bearbeitet werden.

Ortungsgerät

Moderne Ortungsgeräte für Heimwerker sind in der Lage, Eisenmetalle und Nichteisenmetalle in Wänden aufzufinden und somit ein Anbohren von Wasser- oder Stromleitungen zu verhindern.

Als Sensor in einem Ortungsgerät wird eine Spule verwendet, die sich in einem Schwingkreis befindet. Das Ortungsgerät funktioniert nur dann zuverlässig, wenn die Spule richtig dimensioniert ist. Entscheidend sind die Abmessungen und die Induktivität der Spule. Die folgende Aufgabe beschäftigt sich mit der Funktion der Spule in diesem Gerät und den Möglichkeiten, deren Induktivität zu bestimmen.



Abbildung 1: Ortungsgerät

Aufgaben: **BE**

1 Beschreiben Sie den Aufbau eines Schwingkreises. **8**

Erläutern Sie die Funktion der Spule bei der Entstehung einer elektromagnetischen Schwingung.

2 Erklären Sie ein mögliches Funktionsprinzip des Gerätes bei der Auffindung von Metallgegenständen in Wänden. **8**

Begründen Sie zwei Hinweise in der Bedienungsanleitung zu den möglichen Beeinträchtigungen der Messergebnisse.

3 Berechnen Sie die Induktivität einer verwendeten Spule, die notwendig ist, um in einem Ortungsgerät bei einem verwendeten Kondensator der Kapazität C = 1 nF eine Schwingung der Frequenz f_0 = 700 kHz zu erzeugen. **7**

(Kontrollergebnis: $L = 5{,}2 \cdot 10^{-5}$ H)

4 Zeigen Sie durch eine begründete Abschätzung der Induktivität der in die Leiterbahn geätzten Flachspule (siehe Abbildung 4), dass diese passend gewählt ist. **6**

5 **Schülerexperiment** **21**

Bei der Herstellung von Spulen muss die genaue Induktivität gemessen werden. Für diese Messung gibt es verschiedene experimentelle Möglichkeiten. Zwei Messverfahren sollen genauer betrachtet werden.

Bestimmen Sie die Induktivität einer Spule
a) aus den geometrischen Abmessungen und der Windungszahl und
b) durch die experimentelle Bestimmung des Wechselstromwiderstandes.

Der ohmsche Widerstand der Spule soll hierbei vernachlässigt werden.

- Ermitteln Sie die Abmessungen der Spule.
- Entwickeln Sie einen Schaltplan für die Bestimmung des Wechselstromwiderstandes.
- Bauen Sie die Schaltung auf.
- Nehmen Sie ein Messwertpaar zur Bestimmung des Wechselstromwiderstandes der Spule auf.
  Die Frequenz der Wechselspannung beträgt f = 50 Hz.
- Berechnen Sie die Induktivität einmal aus den Messwerten für die Abmessungen mit der Formel für die lange gerade Spule und einmal aus dem Wechselstromwiderstand.
- Vergleichen Sie die beiden Induktivitäten miteinander.
- Geben Sie zwei Ursachen für die Abweichung beider Werte an.

Sollte Ihnen das Aufnehmen von Messwerten nicht gelingen, so können Sie bei der Lehrkraft Hilfen oder Ersatzmesswerte anfordern. Den nicht erbrachten Leistungen entsprechend werden dann Bewertungseinheiten abgezogen.

Materialien

Material 1: Aufbau und Verwendung des Ortungsgerätes

Das Ortungsgerät enthält einen Schwingkreis, der auf einer Leiterplatte in eine elektrische Schaltung eingebaut ist. Bei der Suche nach Metallgegenständen in einer Wand wird die flache Rückseite des Ortungsgerätes an die zu untersuchende Stelle gehalten. Anschließend wird das Gerät langsam an der Wand hin und her bewegt.

Material 2: Betriebsarten und Arbeitshinweise in der Bedienungsanleitung

Die Messung erfolgt durch die Analyse der Eigenfrequenz des Schwingkreises im Detektor. Eine Signalleuchte zeigt das Ergebnis der Auswertung an.

Signalleuchte	Erklärung
Grün	kein Objekt gefunden
Gelb	- Metallobjekt in der Nähe des Sensorbereiches - kleines oder tief liegendes Metallobjekt im Sensorbereich - Beeinträchtigung des Sensors durch ungünstige Wandbeschaffenheit
Rot	Metallobjekt innerhalb des Sensorbereich

Tabelle 1: Betriebsarten des Ortungsgerätes

In der Bedienungsanleitung finden sich die folgenden Arbeitshinweise:

„Die Messergebnisse können prinzipbedingt durch bestimmte Umgebungsbedingungen beeinträchtigt werden. Dazu gehören z. B. die Nähe von Geräten, die starke magnetische oder elektromagnetische Felder erzeugen, Nässe, metallhaltige Baumaterialien oder Dämmstoffe sowie leitfähige Tapeten oder Fliesen".

Material 3: Induktivität von kurzen Spulen

Die Induktivität L einer kurzen Spule ohne Kern kann näherungsweise mit der Formel $L = N^2 \cdot \mu_0 \cdot \frac{6{,}2 \cdot d^2}{3 \cdot d + 9 \cdot l + 10 \cdot w}$ bestimmt werden.

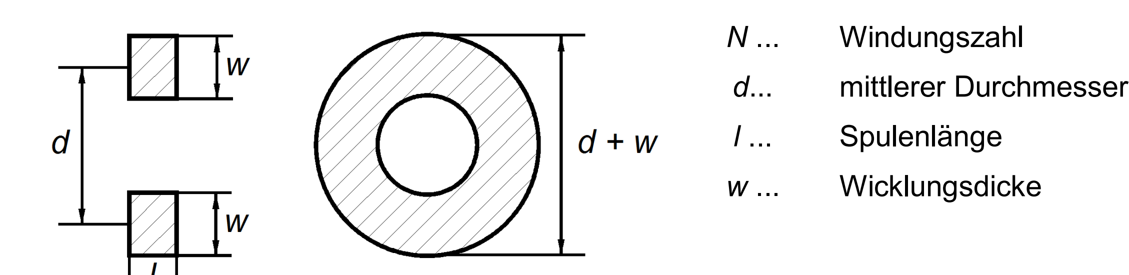


Abbildung 2: Schematischer Aufbau einer kurzen luftgefüllten Spule (Seiten- und Vorderansicht)

Material 4: Flachspulen

Die Spule im Ortungsgerät ist eine Flachspule, eine besondere Form der kurzen Spulen, die auf Leiterplatten aufgebracht werden können.

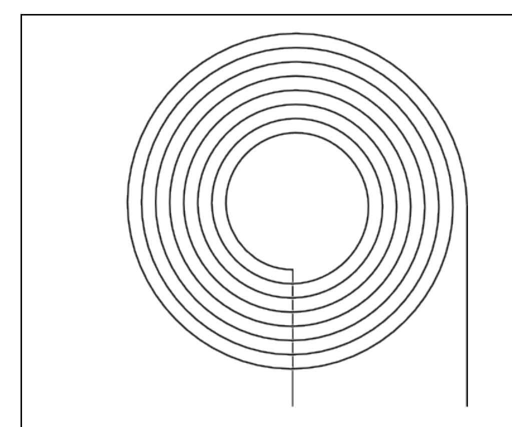


Abbildung 3: Schematischer Aufbau einer Flachspule

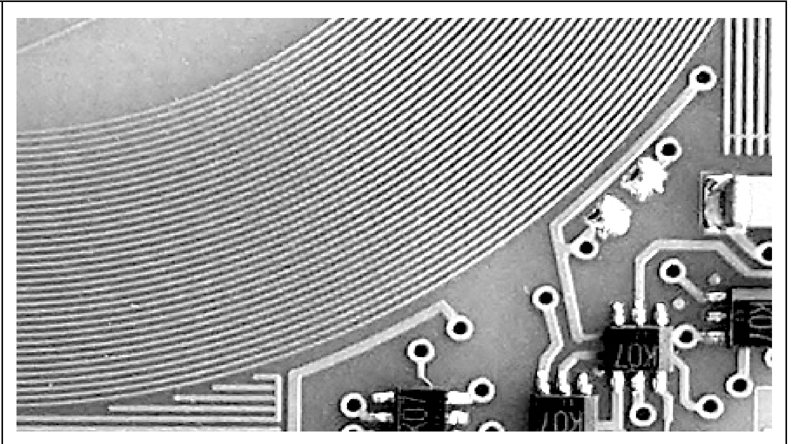


Abbildung 4: Flachspule auf der Leiterplatte des Ortungsgerätes (vergrößerter Ausschnitt)

Durch Messungen an der Flachspule auf der Leiterplatte im Ortungsgerät wurden ein mittlerer Durchmesser von 3,2 cm sowie eine Wicklungsdicke von 8 mm ermittelt.

Material 5: Gleichungen und Größen

Induktiver Widerstand	$X_L = 2\pi f \cdot L$	*L* ... Induktivität einer Spule
Eigenfrequenz eines elektrischen Schwingkreises (ungedämpft)	$f_0 = \frac{1}{2\pi \cdot \sqrt{L \cdot C}}$	*C* ... Kapazität eines Kondensators
Magnetische Feldkonstante	$\mu_0 = 1{,}2566 \cdot 10^{-6}\ \frac{\text{Vs}}{\text{Am}}$	
Induktivität einer langen geraden Spule	$L = \frac{\mu_0 \cdot \mu_r \cdot N^2 \cdot A}{\ell}$	μ_0 ... magnetische Feldkonstante μ_r ... Permeabilitätszahl *N* ... Windungszahl *A* ... Flächeninhalt der Querschnittsfläche ℓ Länge der Spule

Quellen:

1 Bedienungsanleitung für PMD 7 der Robert-Bosch-GmbH

2 Grafiken und Fotos: Aufgabenentwickler

3 www.et-inf.fho-emden.de/~elmalab/bauelement/download/BdE_4.pdf vom 19.03.2015

Zentrale schriftliche Abiturprüfung **2016**

Physik

Grundkurs

Erwartungshorizont B **für Lehrkräfte**

Bitte kontrollieren Sie vor Beginn der Arbeit die Vollständigkeit der Aufgabensätze für die Prüflinge.

Aufgabenart: Aufgabe mit Schülerexperiment und Materialien

Hilfsmittel: Nachschlagewerk zur Rechtschreibung der deutschen Sprache, an der Schule eingeführter und im Unterricht eingesetzter Taschenrechner, an der Schule eingeführtes Tafelwerk bzw. Formelsammlung

Titel: Ortungsgerät

Die Beschreibungen der erwarteten Schülerleistungen enthalten keine vollständigen Lösungen, sondern nur kurze Angaben. Hier nicht genannte, aber gleichwertige Lösungswege sind gleichberechtigt.

Teilaufgaben	Beschreibung der erwarteten Leistung	AFB		
		I	II	III
1	*Kompetenzen: Wiedergeben von einfachen Daten und Fakten sowie von Begriffen, Größen und Einheiten und deren Definitionen (Fachkenntnisse), Kommunizieren einfacher Argumente und Beschreibungen (Kommunikation)*			
	Ein elektrischer Schwingkreis besteht aus einer Spule und einem Kondensator in einem geschlossenen Stromkreis.	**2**		
	In einem Schwingkreis werden elektrische und magnetische Energie periodisch ineinander umgewandelt. Die Spule dient in dieser Schaltung zum einen als Speicher der magnetischen Energie. Zum anderen bewirkt die Spule durch ihre Selbstinduktion, dass der Kondensator wieder aufgeladen wird.	**6**		

Teilaufgaben	Beschreibung der erwarteten Leistung	AFB I	AFB II	AFB III
2	*Kompetenzen: Fachgerechtes Wiedergeben von komplexeren Zusammenhängen (Fachkenntnisse), Einordnen und Erklären von physikalischen Phänomenen aus Natur und Technik (Reflexion)* Die Annäherung von Metallgegenständen bewirkt eine Veränderung der Induktivität. Diese führt zu einer Veränderung der Eigenfrequenz des Schwingkreises, die über eine Auswerteelektronik angezeigt werden kann. Begründung von zwei Hinweisen, z. B. Leitfähige Baumaterialien enthalten Metall und bewirken wie ein Eisenkern eine Veränderung der Induktivität. Starke elektromagnetische Felder überlagern sich mit dem Spulenfeld und führen so zu einer Veränderung der Eigenfrequenz.		4 4	
3	*Kompetenzen: Umformen von Gleichungen und Berechnen von Größen aus Formeln (Fachmethoden)* Umformen der Gleichung für die Eigenfrequenz $L=\frac{1}{4\pi^2\cdot f_0^2\cdot C}$ Einsetzen und Berechnen der Induktivität $L=\frac{1}{4\pi^2\cdot\left(7\cdot 10^5\,\frac{1}{\mathrm{s}}\right)^2\cdot 1\cdot 10^{-9}\,\frac{\mathrm{As}}{\mathrm{V}}}=5{,}2\cdot 10^{-5}\,\mathrm{H}$	7		
4	*Kompetenzen: Auswählen und Verknüpfen von Daten, Fakten und Methoden, entnehmen von Informationen aus komplexeren Texten (Fachkenntnisse); sinnvolles Präzisieren einer offenen Aufgabenstellung (Fachmethoden)* Interpretation der verwendeten Spule als kurze, luftgefüllte Flachspule mit vernachlässigbarer Länge *l*. Bestimmung der Windungszahl durch näherungsweises Auszählen der Leiterbahnen auf dem Bild: $N\approx 36$ (Akzeptiert werden Abweichungen beim Auszählen von bis zu 10%.) Abschätzung der Induktivität durch Anwendung der Gleichung $L=N^2\cdot\mu_0\cdot\frac{6{,}2\cdot d^2}{3\cdot d+9\cdot l+10\cdot w}$ $L\approx 36^2\cdot 1{,}257\cdot 10^{-6}\,\frac{\mathrm{Vs}}{\mathrm{Am}}\cdot\frac{6{,}2\cdot(0{,}032\,\mathrm{m})^2}{3\cdot 0{,}032\,\mathrm{m}+10\cdot 0{,}008\,\mathrm{m}}$ $L\approx 6\cdot 10^{-5}\,\mathrm{H}$ Abgeben einer eigenen Bewertung der Ergebnisse			6

Teilaufgaben	Beschreibung der erwarteten Leistung	AFB		
		I	II	III
5	*Kompetenzen: Selbstständiger Aufbau und Durchführung eines Experiments, Gewinnen von mathematischen Abhängigkeiten aus Messdaten, Erörtern von Fehlerquellen (Fachmethoden)*			
	Bestimmung der Induktivität aus den geometrischen Daten			
	- Messen der Spulendaten für N und ℓ		**1**	
	- Berechnen der Induktivität mit $L = \frac{\mu_0 \cdot \mu_r \cdot N^2 \cdot A}{\ell}$		**4**	
	Erstellen eines Schaltplanes		**2**	
	Experimentelle Überprüfung mit			
	- Aufbau des Versuches nach Schaltplan		**2**	
	- Messen der angelegten Spannung und der Spulenstromstärke		**4**	
	- Berechnen der Induktivität mit $L = \frac{X_L}{2\pi \cdot 50\,\text{Hz}}$		**4**	
	- Vergleich der ermittelten Induktivitäten		**2**	
	- Angabe von zwei möglichen Ursachen		**2**	
	Summe der BE in den Anforderungsbereichen	**15**	**29**	**6**
	prozentuale Zusammensetzung	**30**	**58**	**12**
	Summe der BE		**50**	

Erwartungshorizont Ersatzaufgabe

Teilauf-gaben	Beschreibung der erwarteten Leistung	AFB		
		I	II	III
5	*Kompetenzen: Auswählen von Daten, Fakten und Methoden eines abgegrenzten Gebietes (Fachkenntnisse); Erörtern von Fehlerquellen und Abschätzen des Fehlers bei Experimenten (Fachmethoden)*			
	Bestimmung der Induktivität aus den geometrischen Daten		**4**	
	Erstellen eines Schaltplanes		**2**	
	Berechnen der Induktivität aus dem Wechselstromwiderstand		**4**	
	Erklärung zweier Ursachen, z. B. Messungenauigkeiten, Vernachlässigung des ohmschen Widerstandes der Spule		**6**	
	In der Spule wird durch das Wechselfeld der spannungsführenden Leitung eine Induktionsspannung induziert. Diese Spannung kann über ein entsprechende Elektronik angezeigt werden.		**5**	
	Summe der BE in den Anforderungsbereichen	**0**	**21**	**0**
	Summe der BE			

Hinweise für die Hand der Lehrkraft zum Schülerexperiment

Geräte

Die bereitzustellenden Geräte aus der Liste mit dem Experimentiermaterial können hinsichtlich ihrer Daten durch gleichwertige Geräte ersetzt werden. Das Experiment ist vor dem Tag der schriftlichen Prüfung von der prüfenden Lehrkraft durchzuführen. Alle Geräte müssen von der prüfenden Lehrkraft vor der Prüfung auf ihre Funktionsfähigkeit überprüft werden.

Hinweise für den Fall des Misslingens

Die Ursache obliegt höherer Gewalt oder liegt im Verantwortungsbereich der Schule:

Dem Prüfling wird das Ersatzblatt mit den Beobachtungen / Messwerten und der theoretischen Ersatzaufgabe ausgehändigt und mit dem Namen des Prüflings versehen. **Dies ist im Prüfungsprotokoll zu vermerken.**

Die Ursache liegt in der Verantwortung des Prüflings:

Die Prüflinge können für nichterbrachte experimentelle Teilleistungen bei der prüfenden Lehrkraft Zusatzinformationen anfordern. Bei der Anforderung einer oder mehrerer Informationen werden Bewertungseinheiten nicht erteilt. **Der Umfang der Einhilfen ist in geeigneter Art und Weise in den Prüfungsunterlagen zu dokumentieren.**

Sollten die verwendeten Experimentierspulen eine Angabe zur Induktivität enthalten, so ist diese geeignet zu überkleben.

Hilfe bei der Bestimmung der geometrischen Abmessungen sowie der Windungszahl

Zusatzinformation 1: Ersatzmesswerte für das Experiment Teil a

Es erfolgt ein Punktabzug von insgesamt 1 BE, wenn diese Informationen benötigt werden.

Hilfe bei der Planung des Versuches (Erstellen des Schaltplanes)

Zusatzinformation 2: Schaltplan

Es erfolgt ein Punktabzug von **2** BE, wenn die Information für den Schaltplan benötigt wird.

Hilfe beim Aufbau

Hilfen beim Aufbau der Schaltung (z. B. Einstellung des Messgerätes, Wahl der Stromart, Anordnung der Geräte) durch die Aufsichtsperson führen zu einem Punktabzug von bis zu **2** BE.

Zusatzinformation 3: Ersatzmesswerte für das Experiment Teil b

Es erfolgt ein Punktabzug von **6** BE, wenn diese Informationen benötigt werden.

Hinweise zur Vorbereitung und Durchführung des Experimentes

Die Messgeräte müssen über geeignete Messbereiche zur Messung von Stromstärke und Spannung verfügen.

Sicherheitshinweis

Für die Durchführung der Schülerexperimente sind die Richtlinien zur Sicherheit im Unterricht (RiSU) zu beachten.

Zentrale schriftliche Abiturprüfung **2016**

Physik

Grundkurs

Aufgabenstellung B **für Prüflinge**

Nur auf Anforderung

Zusatzinformation 1: **Ersatzmesswerte für das Experiment Teil a)**

Sollte die Messung nicht gelingen, sollen folgende Werte für eine quadratische Spule verwendet werden.

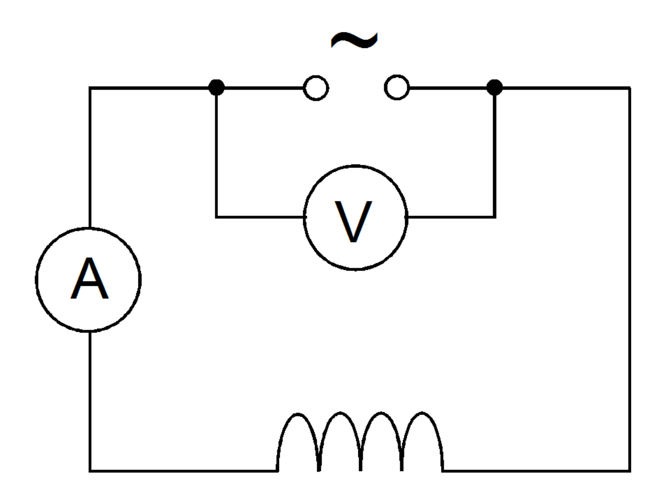
Windungszahl:	1200
Spulenlänge	4 cm
Seitenlänge der Querschnittsfläche	3,5 cm

Es erfolgt ein Punktabzug von **1** BE, wenn diese Werte benötigt werden.

Nur auf Anforderung

Zusatzinformation 2: **Schaltplan für das Experiment Teil b)**

Sollte die Planung eines Versuchsaufbaus nicht gelingen, soll der folgende Schaltplan verwendet werden:



Es erfolgt ein Punktabzug von **2** BE, wenn diese Information benötigt werden.

Zentrale schriftliche Abiturprüfung **2016**

Physik

Grundkurs

Aufgabenstellung B **für Prüflinge**

Nur auf Anforderung

Zusatzinformation 3: **Ersatzmesswerte für das Experiment Teil b)**

Sollte die Messung nicht gelingen, sollen folgende Werte verwendet werden.

Stromstärke:	I = 0,36 A
Spannung:	U = 6,7 V

Es erfolgt ein Punktabzug von **6** BE, wenn diese Werte benötigt werden.

Zentrale schriftliche Abiturprüfung **2016**

Physik

Grundkurs

Aufgabenstellung B **für Prüflinge**

Nur im Fall des Misslingens des Experimentes aufgrund höherer Gewalt oder aus Verantwortung der Schule

Ersatzblatt

An Ihrer Schule kann das Schülerexperiment nicht durchgeführt werden.

Bearbeiten Sie statt der Aufgabe 5 die folgende Aufgabe:

Ersatzaufgabe für Aufgabe 5 (Schülerexperiment)

Für eine quadratische Spule aus einem Experimentierkasten sind die folgenden Daten bekannt:

Windungszahl der Experimentierspule:	1200
Seitenlänge der Querschnittsfläche:	3,5 cm
Spulenlänge:	4 cm

Um den Wechselstromwiderstand der Spule zu messen, wurde diese Spule ohne Eisenkern an ein Stromversorgungsgerät (Netzfrequenz 50 Hz) angeschlossen. Bei einer Spannung von U = 6,7 V betrug die Stromstärke I = 360 mA.

Gehen Sie näherungsweise davon aus, dass die Spule eine lange Spule ist. Der ohmsche Widerstand der Spule sei annähernd null.

- Bestimmen Sie die Induktivität der Spule aus den geometrischen Abmessungen und der Windungszahl.
- Fertigen Sie den Schaltplan für einen Versuch an, mit dem der Wechselstromwiderstand der Spule bestimmt werden kann.
- Bestimmen Sie die Induktivität der Spule aus dem Wechselstromwiderstand.
  Erklären Sie zwei Ursachen für die unterschiedlichen Ergebnisse.
- Es gibt Ortungsgeräte, die keinen Schwingkreis enthalten und dennoch elektrische Leitungen aufspüren können.
  Begründen Sie, dass diese Geräte lediglich eine Spule benötigen.



Zentrale schriftliche Abiturprüfung 2016

Physik

Grundkurs

Aufgabenstellung C für Prüflinge

Inhalt:	**Quantenphysik**
Titel:	**Photoeffekt**
Aufgabenart:	Aufgabe mit Materialien
Hilfsmittel:	Nachschlagewerk zur Rechtschreibung der deutschen Sprache, an der Schule eingeführter und im Unterricht eingesetzter Taschenrechner, an der Schule eingeführtes Tafelwerk bzw. Formelsammlung
Gesamtbearbeitungszeit:	210 Minuten inklusive Lese- und Auswahlzeit
Hinweis:	Es müssen zwei Aufgabenstellungen bearbeitet werden.

Photonenzähler

Als Albert Einstein 1905 das Modell der Photonen entwickelte, konnte er sich sicherlich nicht vorstellen, dass es einmal Geräte geben würde, die tatsächlich einzelne Photonen zählen können. Diese so genannten Photomultiplier arbeiten auf der Grundlage des Photoeffekts. Sie werden in der Forschung eingesetzt, um extrem kleine Lichtmengen zu registrieren. Wie es gelingt, den Photoeffekt bei diesen Geräten technisch umzusetzen, wird in den folgenden Aufgaben thematisiert.



Abbildung 1:

Photomultiplier mit einem Fenster für die Photonen auf der linken Seite

Aufgaben: **BE**

1 Erläutern Sie das von Einstein entwickelte Modell der Photonen. **9**

Erklären Sie mit diesem Modell, dass nur dann Elektronen aus Oberfläche eines Materials herausgelöst werden können, wenn das eingestrahlte Licht eine bestimmte Wellenlänge hat.

2 Erläutern Sie eine Messmethode, um die kinetische Energie der aus einer Kathode herausgelösten Elektronen zu bestimmen. **9**

Begründen Sie, dass die maximale kinetische Energie der herausgelösten Elektronen unabhängig von der Lichtintensität ist, die auf die Kathode eines Photomultipliers trifft.

3 Veranschaulichen Sie die Messwerte aus Tabelle 1 in einem Diagramm, welches die Abhängigkeit der maximalen kinetischen Energie der Elektronen von der Frequenz des eingestrahlten Lichtes darstellt. **10**

Bestimmen Sie mit Hilfe des Diagramms das verwendete Material der Kathode.

4 Erläutern Sie für die verschiedenen Photomultiplier in Material 4 den Zusammenhang zwischen der Austrittsarbeit des Materials der Kathode und der empfohlenen maximal nachweisbaren Wellenlänge. **12**

Berechnen Sie die Geschwindigkeit der schnellsten ausgelösten Elektronen, wenn Licht der Wellenlänge $\lambda = 650$ nm in den Photomultiplier B mit einer Kathode aus Cs-Sb fällt.

5 Erläutern Sie, wie mit einem Photomultiplier einzelne Photonen nachgewiesen werden können. **10**

Analysieren Sie die Vorgänge in einem Photomultiplier, wenn mehrere Photonen gleichzeitig auf die Kathode auftreffen.

Materialien

Material 1: Grundprinzip eines Photomultipliers

Photonen werden mit Hilfe eines Photomultipliers dadurch gezählt, dass durch die Photonen Elektronen aus einer Kathode herausgelöst werden. Diese Kathode befindet sich direkt hinter dem Fenster, durch das die Photonen in den Photomultiplier gelangen (s. Abbildung 1).

Material 2: Messung der Energie von Photoelektronen

In einem Experiment wurde eine Kathode aus einem bestimmten Material mit einfarbigem Licht unterschiedlicher Wellenlängen λ bestrahlt. Dabei wurde jeweils die maximale kinetische Energie E_{kin} der aus dem Material herausgelösten Elektronen bestimmt. Es ergaben sich die in der Tabelle 1 dargestellten Werte.

λ in nm	405	436	492	546	579	615
E_{kin} in eV	1,12	0,91	0,58	0,33	0,20	0,08

Tabelle 1

Es gilt die Beziehung:

$$E_{kin} = h \cdot f - W_A$$

E_{kin} maximale kinetische Energie der herausgelösten Elektronen

h plancksches Wirkungsquantum

f Frequenz der Lichtes

W_A Austrittsarbeit

Material 3: Angaben zur Austrittsarbeit verschiedener Materialien

Stoff	Kalium	Cäsium	Barium	Wolfram	Zink	Platin
W_A in eV	2,25	1,94	2,52	4,54	4,27	5,36

Tabelle 2

Material 4: Photomultiplier für verschiedene Wellenlängen des Lichtes

Welche Wellenlänge die Photonen haben können, die mit einem Photomultiplier nachgewiesen werden können, hängt vom Material der Kathode ab. Für verschiedene Wellenlängenbereiche gibt es verschiedene Photomultiplier.

Photomultiplier	Material der Kathode	Austrittsarbeit W_A in eV	empfohlene maximale Wellenlänge der Photonen λ_{max} in nm
A	Cs-I	2,7	200
B	Cs-Sb	1,6	650
C	InGaAs(Cs)	0,7	1040

Tabelle 3

Material 5: Photomultiplier

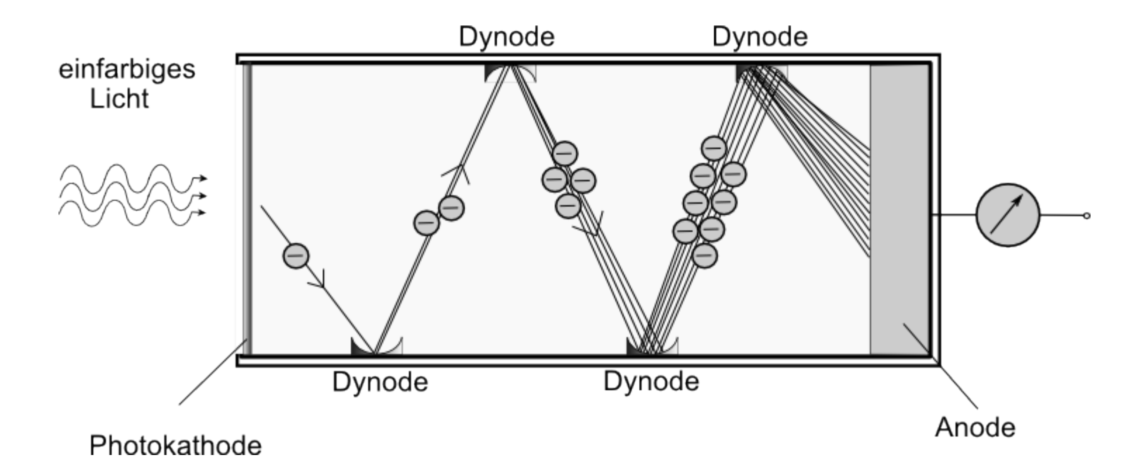


Abbildung 2: Vereinfachter Aufbau eines Photomultipliers

Treffen Photonen durch das Fenster auf die sehr dünne Photokathode, werden die Elektronen im Inneren des Photomultipliers aus der Kathode herauslöst.

Für ein messbares Signal an der Anode muss die Anzahl der Elektronen erhöht werden. Dies wird folgendermaßen realisiert:

Wenn ein Elektron aus der Photokathode nach innen herausgelöst wird, erfolgt eine starke Beschleunigung zu einer Dynode (siehe Abbildung 2). Die Geschwindigkeit des Elektrons wird dabei so groß, dass es beim Auftreffen auf eine Dynode weitere Elektronen herauslöst, die dann zu einer weiteren Dynode beschleunigt werden. Dieser Prozess wiederholt sich mehrere Male. An der Anode kommen dann so viele Elektronen an, so dass ein messbares Signal entsteht. Die Dicke der Schicht der Photokathode beeinflusst dabei entscheidend, ob dieser Prozess stattfinden kann.

Quellen:

1 Teilchendetektoren - Photomultiplier. Fundstelle: http://www.solstice.de/grundl_d_tph/exp_detek/exp_detek_06.html (5.7.2015).

2 Holger Knoblich: Untersuchungen zur Stabilität von Fine-Mesh-Photomultipliern. Fundstelle: https://www-h1.desy.de/psfiles/theses/h1th-806.pdf (5.7.2015).

3 Austrittsarbeit von Elektronen aus Metallen und Metalloxiden. In: Formeln und Tabellen. Duden-Patec Schulbuchverlag, 12. Auflage 2005, Seite 18.

4 Hamamatsu PMT Handbook, Chapter 4. Fundstelle: http://www.hamamatsu.com/resources/pdf/etd/PMT_handbook_v3aE-Chapter4.pdf (5.12.2015)

5 S. B. Fairchild, T. C. Back, P. T. Murray, M. M. Cahay and D. A. Shiffler: Low work function CsI coatings for enhanced field emission properties. Fundstelle: http://scitation.aip.org/content/avs/journal/jvsta/29/3/10.1116/1.3581058 (2.12.2015)

6 Caulfield, H. J., Chapman, R. A.: Cesium—Antimony Films in Equilibrium with Cesium Vapor (Abstract). Fundstelle: http://adsabs.harvard.edu/abs/1966JAP....37.4927C (4.12.2015)

7 Foto Abbildung 1: Aufgabenentwickler



Zentrale schriftliche Abiturprüfung 2016

Physik

Grundkurs

Erwartungshorizont C für Lehrkräfte

Bitte kontrollieren Sie vor Beginn der Arbeit die Vollständigkeit der Aufgabensätze für die Prüflinge.

Aufgabenart: Aufgabe mit Materialien

Hilfsmittel: Nachschlagewerk zur Rechtschreibung der deutschen Sprache, an der Schule eingeführter und im Unterricht eingesetzter Taschenrechner, an der Schule eingeführtes Tafelwerk bzw. Formelsammlung

Titel: Photoeffekt

Die Beschreibungen der erwarteten Schülerleistungen enthalten keine vollständigen Lösungen, sondern nur kurze Angaben. Hier nicht genannte, aber gleichwertige Lösungswege sind gleichberechtigt.

Teilaufgaben	Beschreibung der erwarteten Leistung	AFB		
		I	II	III
1	*Kompetenzen: Kommunizieren einfacher Argumente und Beschreibungen (Kommunikation), Wiedergeben von einfachen Gesetzen und Formeln sowie deren Erläuterung (Fachkenntnisse)* Modell der Photonen: • Licht besteht aus Quanten, die jeweils eine bestimmte Energieportion haben. • Die Energie eines Photons hängt nur von der Frequenz bzw. Wellenlänge des Lichtes ab.	**4**		
	Um Elektronen aus Oberflächen herauslösen zu können, ist zunächst die Austrittsarbeit W_A aufzubringen. Wenn ein Photon mit einem Elektron in Wechselwirkung tritt, so wird es vollständig absorbiert. Hatte das Photon eine Energie, die größer oder gleich der Austrittsarbeit W_A ist, so kann das Elektron aus der Oberfläche herausgelöst werden. Ist die Energie der Photonen kleiner als W_A, werden keine Elektronen herausgelöst.	**5**		

<table>
<tr><th rowspan="2">Teilaufgaben</th><th rowspan="2">Beschreibung der erwarteten Leistung</th><th colspan="3">AFB</th></tr>
<tr><th>I</th><th>II</th><th>III</th></tr>
<tr><td>2</td><td>Kompetenzen: Darstellen von Sachverhalten in verschiedenen Darstellungsformen (Kommunikation), Übertragen von Betrachtungsweisen und Gesetzen (Fachmethoden)

Z. B. Erläuterung der Gegenfeldmethode:
Die aus der Kathode herausgelösten Elektronen werden in einem elektrischen Feld so weit abgebremst, dass ein vorher messbarer Photostrom zu null wird. Die dazu notwendige Spannung wird mit Hilfe einer Spannungsquelle eingestellt. Über die gemessene Spannung kann man auf die kinetische Energie der Elektronen schließen.
Nach dem Modell der Photonen ist die Intensität des Lichtes ein Maß für die Anzahl der Photonen, die pro Zeiteinheit auf die Kathode treffen. Ein Elektron nimmt immer die Energie von einem Photon auf. Für die maximale kinetische Energie der einzelnen herausgelösten Elektronen spielt es keine Rolle, wie viele Photonen auf die Kathode treffen. Es kommt nur auf die Energie der einzelnen Photonen an.</td><td></td><td>5

4</td><td></td></tr>
<tr><td>3</td><td>Kompetenzen: Darstellen von Sachverhalten in verschiedenen Darstellungsformen (Kommunikation), Auswerten von Ergebnissen nach einfachen Verfahren (Fachmethoden)

Berechnung der Frequenzen

<table>
<tr><td>λ in nm</td><td>405</td><td>436</td><td>492</td><td>546</td><td>579</td><td>615</td></tr>
<tr><td>f in 10^{14} Hz</td><td>7,41</td><td>6,88</td><td>6,10</td><td>5,49</td><td>5,18</td><td>4,88</td></tr>
<tr><td>E in eV</td><td>1,12</td><td>0,91</td><td>0,58</td><td>0,33</td><td>0,20</td><td>0,08</td></tr>
</table>

Zeichnen des Diagramms

Die Austrittsarbeit ergibt sich aus dem Diagramm zu etwa - 1,9 eV. Das Kathodenmaterial ist Cäsium.</td><td>3

5

2</td><td></td><td></td></tr>
</table>

Teilaufgaben	Beschreibung der erwarteten Leistung	AFB I	AFB II	AFB III
4	*Kompetenzen: Einordnen und Erklären von physikalischen Phänomenen aus Natur und Technik (Reflexion), mathematisches Beschreiben physikalischer Phänomene (Fachmethoden), präzises Kommunizieren einfacher Argumente und Beschreibungen (Kommunikation)* Die verschiedenen Photomultiplier haben alle unterschiedliche Austrittsarbeiten. Es gibt eine Abhängigkeit der empfohlenen Wellenlänge von der Austrittsarbeit. Es ist zu erkennen, dass mit abnehmender Austrittsarbeit des Kathodenmaterials die empfohlene maximale Wellenlänge zunimmt.		4	
	Berechnung der maximalen kinetischen Energie der Elektronen: $E_{kin} = h \cdot f - W_A$ Die Austrittsarbeit ist der Tabelle zu entnehmen W_A = 1,6 eV. $E_{kin} = \frac{h \cdot c}{\lambda} - W_A = \frac{6{,}626 \cdot 10^{-34}\,\text{Js} \cdot 3 \cdot 10^8\,\text{m} \cdot \text{s}^{-1}}{650\,\text{nm}} - 1{,}6\,\text{eV}$ E_{kin} = 1,91 eV – 1,6 eV = 0,31 eV Mit $E_{kin} = \frac{1}{2} m_e v^2$ ist $v = \sqrt{\frac{2 \cdot E_{kin}}{m_e}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0{,}31\,\text{V} \cdot 1{,}602 \cdot 10^{-19}\,\text{As}}{9{,}1 \cdot 10^{-31}\,\text{kg}}}$ Es ergibt sich eine Geschwindigkeit von v ≈ 330 km · s^{-1}.		8	
5	*Kompetenzen: Fachgerechtes Wiedergeben von komplexeren Zusammenhängen (Fachkenntnisse), Analysieren komplexer Texte und Darstellung der daraus gewonnenen Erkenntnisse (Kommunikation), Erklären von physikalischen Phänomenen komplexer Art aus Natur und Technik (Reflexion)* Wenn ein einzelnes Photon ein Elektron aus der Kathode herausgelöst hat, wird es zu einer Dynode stark beschleunigt. Das Elektron wird dabei so schnell, dass es aus der Dynode weitere Elektronen herauslöst. Diese Elektronen werden wieder beschleunigt und lösen weitere Elektronen heraus. Durch die mehrmalige Wiederholung dieses Prozesses gelangen so viele Elektronen zur Anode, dass ein messbares Signal entsteht. Somit wäre das Photon nachgewiesen.		5	
	Treffen mehrere Photonen gleichzeitig auf die Kathode, dann werden auch mehrere Elektronen gleichzeitig herausgelöst. Durch die nachfolgenden Beschleunigungsprozesse wird der Anteil der auf die Anode treffenden Elektronen auch größer. Der an der Anode registrierte Stromfluss steigt damit an.			5
	Summe der BE in den Anforderungsbereichen	19	26	5
	prozentuale Zusammensetzung	38	52	10
	Summe der BE		50	

Zentrale schriftliche Abiturprüfung **2016**

Physik

Grundkurs

Aufgabenstellung D **für Prüflinge**

Inhalt:	**Atomkern**
Titel:	**Mit der Radiokarbonmethode auf der Spur eines Vulkanausbruchs**
Aufgabenart:	Aufgabe mit Materialien
Hilfsmittel:	Nachschlagewerk zur Rechtschreibung der deutschen Sprache, an der Schule eingeführter und im Unterricht eingesetzter Taschenrechner, an der Schule eingeführtes Tafelwerk bzw. Formelsammlung
Gesamtbearbeitungszeit:	210 Minuten inklusive Lese- und Auswahlzeit
Hinweis:	Es müssen zwei Aufgabenstellungen bearbeitet werden.

Mit der Radiokarbonmethode auf der Spur eines Vulkanausbruchs

Auf der griechischen Insel Santorin fand im Altertum einer der stärksten Vulkanausbrüche der letzten Jahrtausende statt. Der genaue Zeitpunkt dieses Ereignisses war jedoch viele Jahre umstritten.

Im Jahr 2002 wurde der auf dem Foto abgebildete Ast eines Olivenbaumes gefunden. Dieser Ast gehörte zu einem Baum, der zum Zeitpunkt des Vulkanausbruches noch lebte. Die Analyse des in dem Ast enthaltenen radioaktiven Kohlenstoffes ermöglichte eine sehr genaue Datierung des Ausbruchs.

In den folgenden Aufgaben wird untersucht, wie mit der Radiokarbonmethode der Zeitpunkt des Absterbens des Olivenbaumes und somit der Zeitpunkt der Explosion des Vulkans bestimmt werden konnte.

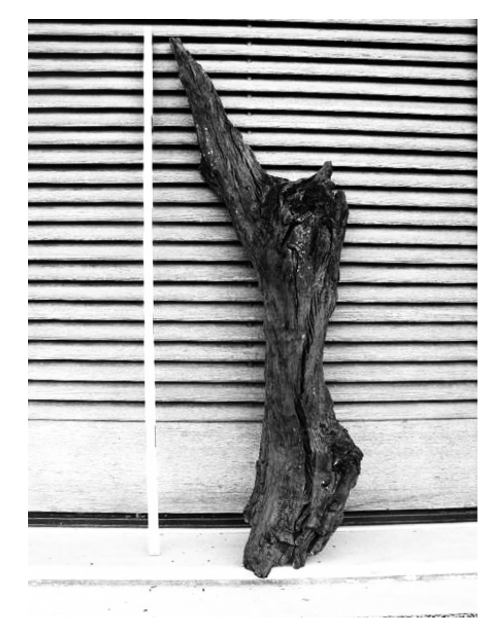


Abbildung 1: Ast eines Olivenbaumes (Foto: Walter Friedrich)

Aufgaben: **BE**

1 Beschreiben Sie die Kernreaktionen sowohl für die Entstehung als auch für den radioaktiven Zerfall des Kohlenstoffs C-14. **10**

Vergleichen Sie den Kohlenstoff $^{14}_{6}C$ mit dem Kohlenstoff $^{12}_{6}C$.

2 Skizzieren Sie in einem Diagramm für ca. 20 000 Jahre den zeitlichen Verlauf der Anzahl der C-14-Atomkerne in 1 g Kohlenstoff eines Baumes, der zum Zeitpunkt 0 abgestorben ist. **10**

Begründen Sie, warum die Radiokarbonmethode nicht zur Datierung von Proben angewendet werden kann, die älter als 60 000 Jahre sind.

3 Berechnen Sie die Aktivität *A* von 1 g Kohlenstoff des Olivenbaumes zum Zeitpunkt des Vulkanausbruchs und 1000 Jahre danach. **10**

4 Bestimmen Sie mit Hilfe der Radiokarbonmethode das Jahr, in dem der Olivenbaum durch den Vulkanausbruch abgestorben ist. **14**

Erklären Sie, warum es für die Genauigkeit des Verfahrens wichtig ist, dass der Olivenbaum zum Zeitpunkt des Ausbruchs noch lebte.

5 Erläutern Sie mögliche Ursachen dafür, dass die Bestimmung des Alters einer kohlenstoffhaltigen Probe heutzutage nicht mehr mit einem Zählrohr durchgeführt wird. **6**

Materialien

Material 1: Physikalische Eigenschaften von C-14

Der radioaktive Kohlenstoff C-14 entsteht ständig durch kosmische Höhenstrahlung. Die Kernreaktion wird durch die folgende Gleichung beschrieben:

$$ {}^{1}_{0}n + {}^{14}_{7}N \rightarrow {}^{14}_{6}C + {}^{1}_{1}p . $$

Der Kohlenstoff C-14 zerfällt mit einer Halbwertszeit T_H von 5730 Jahren.

Es gilt:

$$ {}^{14}_{6}C \rightarrow {}^{14}_{7}N + {}^{0}_{-1}e . $$

Material 2: Radiokarbonmethode

Nur ein sehr kleiner Teil des in der Atmosphäre vorkommenden Kohlenstoffs ist radioaktiver Kohlenstoff C-14. Das Verhältnis von ständig neu entstehendem und zerfallendem C-14 ist annähernd konstant. Mit der Aufnahme von Kohlenstoffdioxid wird nicht nur der überwiegend vorhandene Kohlenstoff C-12, sondern auch der Kohlenstoff C-14 von den Pflanzen aufgenommen.

1 g Kohlenstoff in einem lebenden Organismus enthält $5{,}902 \cdot 10^{10}$ Atome des radioaktiven Kohlenstoffs C-14. Da nach dem Absterben eines Lebewesens kein Kohlenstoff mehr aufgenommen wird, sinkt die Konzentration von C-14. Aus der Konzentration an C-14 kann dann das Alter der Probe bestimmt werden.

Material 3: Zerfallsgesetz und Aktivität eines Strahlers

Zerfallsgesetz	$N(t) = N_0 \cdot e^{-\frac{\ln 2}{T_H} \cdot t}$	$N(t)$ Anzahl der Atomkerne eines radioaktiven Isotops zum Zeitpunkt t N_0 Anzahl der Atomkerne des radioaktiven Isotops zum Zeitpunkt $t = 0$ T_H Halbwertzeit
Aktivität	$A(t) = \frac{\ln 2}{T_H} \cdot N(t)$	$A(t)$ Aktivität eines radioaktiven Strahlers zum Zeitpunkt t Die Aktivität gibt an, wie viele Kernzerfälle in diesem Strahler in einer Sekunde stattfinden. Die Einheit ist Becquerel: $1\,\mathrm{Bq} = 1\,\frac{1}{\mathrm{s}}$. A_0 Aktivität des Strahlers zum Zeitpunkt $t = 0$

Material 4: Die Datierung des Vulkanausbruchs auf Santorin

Die Wissenschaftler konnten mit Hilfe der Radiokarbonmethode den Zeitpunkt der stärksten Explosion des Vulkans mit hoher Wahrscheinlichkeit auf einen Zeitraum von 27 Jahren eingrenzen. Dazu untersuchten sie den Ast eines Olivenbaumes. Dieser Olivenbaum lebte noch zum Zeitpunkt des Vulkanausbruches und wurde durch die Asche des Vulkans verschüttet. Im Jahr 2006 wurde eine Konzentration von $3{,}810 \cdot 10^{10}$ C-14-Atomen in 1 g Kohlenstoff in diesem Ast bestimmt.

Material 5: Methoden zur Bestimmung der C-14-Konzentration einer Probe

Eine Methode um die C-14-Konzentration zu bestimmen ist die Messung der Aktivität mit Hilfe eines Zählrohres. Dabei wird die Anzahl der β^- - Zerfälle in der Probe gemessen. Um eine Messgenauigkeit von 40 Jahren zu erreichen, müssen 40 000 Zerfälle registriert werden.

Eine zweite Methode ist die direkte Bestimmung der Konzentration durch das Auszählen der C-14-Atome und der C-12-Atome in der Probe mit Hilfe eines Massenspektrografen.

Quellen:

1 Heidelberger Akademie der Wissenschaften: Pressemitteilung vom 27. April 2006. http://www.haw.uni-heidelberg.de/presse/pm_santorin.de.html (25.8.2013)

2 Foto: Walter Friedrich, frei verwendbar, s. http://www.haw.uni-heidelberg.de/presse/pm_santorin.de.html (25.8.2013).

3 Leibniz-Labor für Altersbestimmung und Isotopenforschung: Radiokarbonmethode. http://www.uni-kiel.de/leibniz/Leibniz-web_deutsch/radiokarbonmethode/radiokarbonmethode.htm (25.8.2013)

4 http://de.wikipedia.org/wiki/Radiokarbon-Methode (3.9.2013)

Zentrale schriftliche Abiturprüfung **2016**

Physik

Grundkurs

Erwartungshorizont D **für Lehrkräfte**

Bitte kontrollieren Sie vor Beginn der Arbeit die Vollständigkeit der Aufgabensätze für die Prüflinge.

Aufgabenart: Aufgabe mit Materialien

Hilfsmittel: Nachschlagewerk zur Rechtschreibung der deutschen Sprache, an der Schule eingeführter und im Unterricht eingesetzter Taschenrechner, an der Schule eingeführtes Tafelwerk bzw. Formelsammlung

Titel: Mit der Radiokarbonmethode auf der Spur eines Vulkanausbruchs

Die Beschreibungen der erwarteten Schülerleistungen enthalten keine vollständigen Lösungen, sondern nur kurze Angaben. Hier nicht genannte, aber gleichwertige Lösungswege sind gleichberechtigt.

Teilaufgaben	Beschreibung der erwarteten Leistung	AFB		
		I	II	III
1	*Kompetenzen: Darstellen von Sachverhalten in verschiedenen Darstellungsformen, fachsprachlich korrektes Fassen einfacher Sachverhalte (Kommunikation)* Ein Neutron trifft auf einen Stickstoffatomkern. Dieser Kern wandelt sich unter Abgabe eines Protons in einen Kohlenstoff-14-Atomkern um. Der C-14-Kern wandelt sich unter Abgabe eines Elektrons in einen Strickstoffkern um, dabei wird ein Proton in ein Neutron umgewandelt. Erläuterung des freiwerdenden Elektrons, z. B.: Das frei werdende Elektron verlässt den Atomkern mit hoher Geschwindigkeit. Oder: Das Elektron wird als β^- - Strahlung bezeichnet.	**7**		
	Die Anzahl der Protonen ist gleich (6), die Anzahl der Neutronen ist unterschiedlich (6 bzw. 8). Der C-14-Kern ist schwerer als der C-12-Kern.	**3**		

<table>
<tr><th rowspan="2">Teilauf-gaben</th><th rowspan="2">Beschreibung der erwarteten Leistung</th><th colspan="3">AFB</th></tr>
<tr><th>I</th><th>II</th><th>III</th></tr>
<tr><td>2</td><td>Kompetenzen: Darstellen von Sachverhalten in verschiedenen Darstellungsformen (Kommunikation); Auswählen und Verknüpfen von Daten, Fakten und Methoden eines abgegrenzten Gebiets (Fachkenntnisse)

[Diagramm: N in 10^10 (0–6) über t in Jahren (0–20000)]

Nach 60000 Jahren sind mehr als 10 Halbwertszeiten vergangen, die Probe enthält fast kein C-14 mehr.</td><td>6</td><td>4</td><td></td></tr>
<tr><td>3</td><td>Kompetenzen: Mathematisches Beschreiben physikalischer Phänomene (Fachmethoden); Strukturieren und schriftliches Präsentieren komplexerer Sachverhalte (Kommunikation)

1 g Kohlenstoff in einem lebenden Organismus enthält $5{,}902 \cdot 10^{10}$ Atome des radioaktiven Kohlenstoffs C-14.

$A(0s) = \frac{\ln 2}{T_H} \cdot N(0s) \approx \frac{\ln 2}{1{,}808 \cdot 10^{11}\,\text{s}} \cdot 5{,}902 \cdot 10^{10} \approx 0{,}226\,\text{Bq}$

$N(1000a) = N_0 e^{-\frac{\ln 2}{T_H}t} = 5{,}902 \cdot 10^{10} e^{-\frac{\ln 2}{1{,}808 \cdot 10^{11}} \cdot 3{,}156 \cdot 10^{10}} \approx 5{,}23 \cdot 10^{10}$

$A(1000a) = \frac{\ln 2}{T_H} \cdot N(1000a) \approx \frac{\ln 2}{1{,}808 \cdot 10^{11}\,\text{s}} \cdot 5{,}23 \cdot 10^{10} \approx 0{,}200\,\text{Bq}$

Für ein Jahr können näherungsweise anstatt 365,25 d auch 365 d angenommen werden.</td><td></td><td>4

6</td><td></td></tr>
<tr><td>4</td><td>Kompetenzen: Auswählen und Verknüpfen von Daten, Fakten und Methoden eines abgegrenzten Gebiets; Entnehmen von Informationen aus komplexeren Texten (Fachkenntnisse)

Umstellen des Zerfallsgesetzes nach t führt zum Ansatz.

$t = -\frac{T_H}{\ln 2} \cdot \ln \frac{N}{N_0} = -\frac{5730a}{\ln 2} \cdot \ln \frac{3{,}810 \cdot 10^{10}}{5{,}902 \cdot 10^{10}} \approx 3618\,\text{a}$

Mit dem Untersuchungsjahr 2006 ergibt sich eine Datierung auf ca. 1610 v. Chr., eine Diskussion der Genauigkeit des Verfahrens wird</td><td></td><td>10</td><td></td></tr>
</table>

Teilaufgaben	Beschreibung der erwarteten Leistung	AFB I	AFB II	AFB III
	nicht verlangt. Mit dem Verfahren wird der Zeitpukt des Todes der Pflanze bestimmt, denn mit dem Tod beginnt der C-14-Anteil im Organismus zu sinken. Der Tod des Baumes muss für eine genaue Datierung also mit dem Zeitpunkt des Vulkanausbruches übereinstimmen.		4	
5	*Kompetenzen: Erklären physikalischer Phänomene komplexer Art aus Natur und Technik (Reflexion)* Zwei Ursachen müssen richtig erläutert werden. Mögliche Argumente sind u.a.: • Für eine ausreichende Genauigkeit müssen 40000 Zerfälle registriert werden. Die geringe Aktivität einer Kohlenstoffprobe würde extrem lange Messzeiten erfordern. • Besonders problematisch wird es, wenn die Probe nur sehr klein ist, da hierdurch die Aktivität sehr gering ist, für genaue Messungen sind somit sehr massereiche Proben erforderlich. • Die natürliche Hintergrundstrahlung wird ebenfalls mit dem Zählrohr registriert, dies kann zu zusätzlichen Messfehlern führen, da diese Strahlung u.U. nur schlecht von der C-14-Strahlung unterschieden werden kann. • Zusätzlich muss noch die Masse des Kohlenstoffs C-12 in der Probe sehr genau bestimmt werden, damit die Konzentration ermittelt werden kann. • Mit einem Massespektrografen kann die Anzahl der in der Probe enthaltenen C-14-Atome und die Anzahl der enthaltenen C-12-Atome sehr genau bestimmt werden, dadurch kennt man die Konzentration sehr genau.			6
	Summe der BE in den Anforderungsbereichen	**16**	**28**	**6**
	prozentuale Zusammensetzung	**32**	**56**	**12**
	Summe der BE		**50**	